

## Estudio de caso

# CUANTIFICACIÓN Y ACUMULACIÓN DE HORAS-FRÍO Y DÍAS-GRADO EN EL VALLE ALTO DE COCHABAMBA

## Quantification and accumulation of cold hours and degree days in the Valle alto of Cochabamba

Eduardo Mendoza García<sup>1</sup>

### RESUMEN

La mejor zona productora de durazneros del departamento de Cochabamba es la zona del valle alto, a pesar del potencial productivo falta información adecuada de elementos climáticos importantes para frutales de hoja caduca como la acumulación de "horas-frío" (HF) "días-grado" (DG), que son necesarias para evaluar comportamiento, adaptación e introducción de especies frutícolas y/o variedades. Se realizó un estudio sobre cuantificación de estos parámetros mediante la evaluación de modelos matemáticos con el objetivo de establecer el modelo más adecuado, además determinar la acumulación de HF y DG en la región de estudio. Durante los años 2017 al 2019, con información meteorológica que requería cada modelo de cuantificación, se usaron datos de 50 años que fueron proporcionados por el SENAMHI. Fueron evaluados 14 modelos matemáticos. Los resultados nos demuestran que: El modelo propuesto por Da mota (1979), considerando los meses de junio a agosto y Crossa Raynoud modificado, cuantifican un valor promedio acumulativo de 350 a 445 HF para la Región de San Benito. El Método Residual y Monteith, cuantificando un rango entre 1200 a 1400 DG. El comportamiento de la acumulación de HF por décadas, determina una disminución de hasta un 25 % en los últimos 50 años, posiblemente resultado del cambio climático. Los resultados fueron comparados con trabajos de fenología y tratamientos de horas-frío, muestran resultados similares, acumulando 350 HF en durazneros variedad Gumucio Reyes y manzano variedad Princesa. Estos modelos matemáticos seleccionados en el estudio, nos proporcionan un dato de HF y DG referencial, por lo que se cuenta con modelos de cuantificación adecuada a nuestras condiciones climáticas, los modelos pueden ser utilizados en otras regiones para calcular estas variables importantes en fruticultura de hoja caduca.

**Palabras clave:** horas-frío, días-grado, comportamiento, adaptación.

### ABSTRACT

The best peach producing zone in the department of Cochabamba is the high valley zone, despite the productive potential there is a lack of adequate information on important climatic elements for deciduous fruit trees such as the accumulation of "cold hours" (HF) "degree days" (DG), which are necessary to evaluate behavior, adaptation and introduction of fruit species and/or varieties. It was carried out a study on quantification of these parameters through the evaluation of mathematical models with the aim of establishing the most appropriate model, also to determine the accumulation of HF and DG in the study region. During the years 2017 to 2019, with meteorological information required by each quantification model, data from 50 years were used, which were provided by SENAMHI. Fourteen mathematical models were evaluated. The results show us that: The model proposed by Da mota (1979), considering the months of June to August and Crossa Raynoud modified, quantify a cumulative average value of 350 to 445 HF for the Region of San Benito. The Residual and Monteith Method, quantifying a range between 1200 to 1400 DG. The behavior of the accumulation of HF for decades, determines a decrease of up to 25% in the last 50 years, possibly as a result of climate change. Results were compared with phenology works and cold hour treatments, showing similar results, accumulating 350 HF in peach trees variety Gumucio Reyes and apple tree variety Princesa. These mathematical models selected in the study, provide us with a data of HF and DG reference, so there are models of quantification appropriate to our climatic conditions, the models can be used in other regions to calculate these important variables in deciduous fruit culture.

**Keywords:** cold-hours, degree days, behavior, adaptation.

<sup>1</sup> Docente a dedicación Exclusiva, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas", Universidad Mayor de San Simón, Bolivia.  
ed.mendoza@umss.edu.bo

## INTRODUCCIÓN

Las horas frío es uno de los factores climáticos más importantes en la adaptación y aclimatación y la productividad de frutales. Tradicionalmente este elemento climático en nuestro país se ha utilizado valores de “horas-frío” referenciales o de tablas ajenas a nuestra realidad climática. Sin embargo, para fines de investigación estos valores no son suficientes. Por lo tanto, el uso de las “horas-frío” además de en la forma tradicional, tiene que realizarse en forma de índices regionales, los cuales serán mejores indicadores de la adaptación y desarrollo de los frutales.

Las exigencias de horas-frío de los diferentes frutales de hoja caduca, para poder salir del estado de receso, varían según la especie y también según la variedad. El requerimiento de frío de una determinada especie se mide en unidades de tiempo en que ocurren las bajas temperaturas estimuladoras, las cuales se han definido como menores a 7 °C y superiores a 3 °C, temperaturas cercanas a 0 °C o inferiores resultan ineficaces para promover la salida del receso, esto es en parte, porque estarían inhibiendo la acción de las hormonas positivas. La unidad de tiempo es la horas-frío, definiéndose ésta como 1 hora en que deben ocurrir ininterrumpidamente las temperaturas adecuadas (2.5°C-7°C) (Calderón, 1992).

Para calcular las horas-frío de una determinada localidad, se puede utilizar instrumentos llamados termógrafos, pero su uso resulta tedioso. El método más común es la utilización de datos meteorológicos incorporados a diversas fórmulas propuestas por distintos investigadores como, Damota (1979), Richardson (1974), Crossa-Raynoud (1985), Weinberger (1978), citado por Gil Albert (1992), Damario et al (1998) entre otros. Los frutales caducifolios requieren de una acumulación de estas horas para salir del reposo, empleándose esta acumulación como un mecanismo de defensa. Por otro lado, las altas temperaturas durante el invierno mayor a 20 °C, pueden reducir o anular los efectos de la acumulación previa de frío. El efecto de estas temperaturas depende de una interacción entre ellas y la duración de su exposición, ya que mientras más alta es la temperatura, menor es el período necesario para obtener reducción en las horas-frío acumuladas (Toledo, sf.).

La latencia es un proceso que se desarrolla a modo de supervivencia ecológica, para superar el frío invernal (Faust et al., 1997). Son muchos los investigadores que coinciden en que las temperaturas eficaces para la ruptura de la latencia o reposo son aquellas que se encuentran por debajo de los 7.2 °C. De este modo se ha definido el concepto de horas-frío (HF) como el número de horas que pasa la planta por debajo del umbral de 7 °C y que son necesarias para la ruptura del reposo invernal (Agusti, 2010).

El concepto que las plantas tienen un “requerimiento de temperatura” para completar su ciclo desde yema hinchada hasta la completa madurez caracteriza a las variedades debido a que denota una clara diferencia entre cultivares de una misma especie para ser variedades tempranas, intermedias y de tardía estación en cuanto a su madurez. Existen diversos métodos para estimar y cuantificar las sumas térmicas, el método directo, método residual y el de días grado de Monteith (1984) Gilmore y Rogers (1958) citado por Gil Albert (1992).

Una cantidad insuficiente de horas-frío durante el invierno provoca en los árboles una salida difícil de su estado de receso. Esto se manifiesta con un retraso en la apertura de yemas, es decir, con un retraso en la brotación y floración. El periodo de floración se prolonga considerablemente, determinando la presencia simultánea en el árbol de botones florales, flores abiertas y frutos cuajados. A veces se alteran las fechas normales de floración en las variedades, lo cual provoca desfase entre la floración de una variedad y la de su polinizante (Razeto, 2006). Para superar estos problemas, se han adoptado distintas medidas, como la selección de variedades de menores requerimientos de frío y la aplicación de varios productos químicos capaces de producir el quiebre del receso (Toledo, sf.).

Los frutales de las zonas templadas tienen distintos requerimientos de frío según sea la región del planeta en que ellos se originaron. Se deduce así que los frutales, desde su origen, se han adaptado genéticamente a las condiciones climáticas de las regiones de que provienen. Es por esta razón, que al tratar de introducir una especie a una región de diferente latitud de la cual procede, es muy posible que ésta pueda presentar una fenología distinta a la normal; esto sucede porque el clima del hábitat natural de la especie puede ser tan distinto, por ejemplo, el trópico,

que la planta no es capaz de detectar el acortamiento de los días, esto significa que no desarrolla el sistema fitocromo, y de esta manera no es capaz de realizar la abscisión foliar, ni de entrar en reposo (Toledo, sf.). Calderón (1987) y Lang et al. (1987) indican que la especie, al no estar adaptada al medio, vegetal en épocas en que la ocurrencia de heladas es muy común, con lo cual la planta y la producción sufrirán graves consecuencias.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar 10 modelos matemáticos de cálculo de horas-frío y días-grado para establecer el modelo matemático que se adecua a las condiciones climáticas del valle de Cochabamba y que puedan predecir estas variables climáticas que son importantes para la adaptación y aclimatación de especies frutales de hoja caduca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de la zona de estudio

La región geográfica conocida como el valle alto de Cochabamba y especialmente la zona de San Benito se caracteriza por tener un clima templado y semiárido, con inviernos secos y veranos húmedos. La tercera Sección Municipal, San Benito, se encuentra entre los paralelos 17° 19' y 17° 30' de latitud sud y 65° 45' y 65° 55' de longitud oeste, se encuentra a una altura de 2 700 m s.n.m el primer piso altitudinal, tiene una temperatura media anual de 15.11 °C con una máxima media anual de 24.71 °C y una mínima anual de 5.11 °C, con presencia de heladas frecuentes en los meses de marzo a julio, y de manera esporádica en los meses de septiembre y octubre. Una precipitación media anual de 434.6 mm año<sup>-1</sup>, que se distribuyen en los meses de diciembre a marzo y una humedad relativa media anual de 55.00 %.

Un factor relevante en el clima es la diferencia térmica entre la noche y el día, la temperatura máxima en el día, en invierno puede llegar hasta los 24 °C y bajar su temperatura en la noche hasta los -4 °C, esta característica hace que el invierno se considere como benigno y fácilmente puede contrarrestar la acumulación de horas-frío por esta característica climática, lo que en el fondo se traduce posiblemente en una menor acumulación de horas-frío.

### Metodología

El presente trabajo de investigación se ejecutó durante la gestión 2016 al 2019, siguiendo la siguiente

metodología de trabajo: Se recopilo información secundaria sobre modelos matemáticos de cuantificación las que fueron citadas por Gil Albert 1992 (Da Mota, Cross Raynoud y sus tres variantes, Sharpe, Weinberger), Damario y Páscale (1998) con sus dos variantes, Vega (1990) y Novoa (1994) citado por Lavín y Silva (2001). Se seleccionó 10 modelos matemáticos de cuantificación de horas-frío. En relación a los modelos matemáticos para el cálculo de días-grado se recurrió a los modelos propuestos por Gilmore y Rogers (1958), el método directo y residual y el de Monteith (1984).

Para comparar modelos matemáticos propuestos, se recopiló la información meteorológica de 50 años de la Estación Experimental de San Benito, datos como la temperatura promedio mensual, temperatura máxima y mínimas diarias, datos que fueron proporcionados por el SENAMHI. Previo al cálculo de horas-frío se realizó el relleno de datos diarios faltantes por el método de la distancia ponderada, lo que permitió estandarizar los datos de temperatura correspondiente. Posteriormente se cuantificó las horas-frío por cada modelo, realizando los ajustes necesarios exigidos por cada autor. Se obtuvieron datos primero por años, posteriormente se obtuvieron datos por cada 10 años y se compararon los resultados entre los modelos propuestos. Se desecharon modelos que superaron los valores de 1000 HF.

Para fortalecer esta metodología, se realizó de manera paralela trabajos de investigación sobre fenología y evaluación del efecto de acumulación de horas-frío en estacas de frutales como el duraznero (*Prunus pérssica* L. Bastch) variedad Gumucio Reyes y manzanos (*Malus domestica*) variedades, Princesa, Fuji y Sayaca. Los resultados obtenidos por estos trabajos de investigación nos permitieron comparar con los datos obtenidos con el presente trabajo, logrando de esta manera seleccionar los modelos más adecuados para la región en estudio. Se cuantificó la acumulación de horas-frío y días-grado de los últimos ocho años y posteriormente se evalúo su comportamiento a través del tiempo por décadas. El modelo matemático utilizado como referencia fue el Crossa Raynoud modificado y el modelo matemático de Da Mota considerando los meses de junio a agosto.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Modelos matemáticos evaluados, para el cálculo de horas-frío

Con toda la información climática proporcionada por

el SENAMHI de la Estación Experimental de San Benito, y estandarizados los datos según las exigencias de cada fórmula matemática, se han obtenido los resultados proporcionados en la Tabla 1, primero la fórmula propuesta por Da mota que considera cuatro modelos distintos, que varían en el periodo de tiempo para su cuantificación. Se ha logrado calcular una acumulación de 426 horas-frío considerando los meses de junio a agosto, como promedio de 58 años, los otros modelos de Sharpe, Weinberger y Damota considerando meses distintos logra calcular horas-frío superiores a las 500 siendo la

más alta Weinberger con 1354. Estos últimos datos no concuerdan con el comportamiento de variedades introducidas en años anteriores, de especies frutales más exigentes en HF como la variedad Gala, Sayaca y Fuji (mayor a 600 HF), que no ha logrado adaptarse a las condiciones climáticas del valle alto. Si realmente existiera una acumulación superior a los 600 HF en la región de San Benito la variedad Gala el rompimiento del receso de las yemas, se expresaría con una abundante floración y fructificación, lo que no ocurre actualmente.

Tabla 1. Cuantificación de la acumulación de horas-frío, por los modelos matemáticos propuestos por Damota, Sharpe y Weinberger, promedio de 58 años para la región de San Benito.

| Década    | Damota          |                    |                | Sharpe          |                | Weinberger     |
|-----------|-----------------|--------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
|           | Abril<br>Agosto | Mayo<br>Septiembre | Mayo<br>Agosto | Junio<br>Agosto | Junio<br>Julio | Junio<br>Julio |
| 1960      | 531.66          | 542.21             | 477.5          | 378.84          | 566.33         | 1 208.81       |
| 1970      | 717.01          | 734.26             | 637.18         | 503.30          | 667.64         | 1 593.15       |
| 1980      | 599.43          | 630.32             | 547.04         | 437.61          | 627.24         | 1 439.88       |
| 1990      | 590.97          | 608.08             | 539.85         | 434.60          | 613.30         | 1 387.20       |
| 2000      | 496.73          | 522.60             | 471.21         | 377.45          | 563.92         | 1 199.66       |
| 2010-2019 | 450.60          | 500.50             | 445.20         | 380.58          | 545.92         | 1 150.80       |
| Promedio  | 601.035         | 623.815            | 548.82         | 426.708         | 603.604        | 1 354.138      |

Realizando el mismo trabajo de comparación de fórmulas o modelos matemáticos propuestos por Crossa Raynoud y sus tres variantes, Damario y el método propuesto por Novoa y Villaseca (1989) se ha logrado obtener los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 2, considerando los meses de cálculo, se obtuvieron datos superiores a las 1000 horas-frío como dato promedio de 58 años, estas metodologías han sido adaptadas a regiones con inviernos crudos y lluviosos como las regiones del mediterráneo, aspecto que no coincide con la región de San Benito, que se caracteriza por tener un invierno benigno y seco, por lo que no se consideran como modelos adecuados para la región. En relación a los datos obtenidos por las tres variantes propuestas por Crossa Raynoud, los Modelos C1 y C2 arrojan datos de acumulación superiores a las 800 HF.

Sin embargo, si observamos los resultados obtenidos, utilizando la formula C3 De Crossa Raynoud (Tabla 2) se le ha introducido una modificación a la fórmula, el factor de corrección de 12, como las horas optimas de acumulación de HF en los meses mayo a agosto, que se dan por la característica climática de la región de estudio, durante las 18:00 horas hasta las 06:00 am se

pueden encontrar rangos de temperatura entre 4 y 7 °C, en cambio en el día las temperaturas pueden ser superiores a los 23 °C que pueden afectar negativamente en la acumulación de horas-frío. Se ha calculado en promedio un valor de 445 HF, que se aproxima a lo obtenido por la fórmula de Damota considerando solamente los meses de junio a agosto.

Si se acepta que la acumulación de horas-frío en la zona de San Benito es superior a 800, especies con mayor exigencia, como los manzanos, variedad Gala, Winter Banana, Fuji y Sayaca, durazneros con mayores exigencia de horas-frío, no tendrían problemas en la floración y la producción sería adecuada y las variedades se adaptarían a estas condiciones climáticas, pero experiencias anteriores referidas a la introducción de estas especies y variedades han tenido resultados negativos en la introducción, observándose poco desarrollo, mala brotación, brotación en el ápice de las ramas, que son síntomas clásicos de una falta de acumulación de horas-frío y por consiguiente un mal proceso de floración, lo que ha provocado el desinterés del cultivo de manzanos y ciruelas por este aspecto.

Tabla 2. Cuantificación de la acumulación de horas-frío, por los modelos matemáticos propuestos por Crossa Raynoud y sus tres variantes, Damario y Novoa, promedio de 40 años para la región de San Benito.

| Década    | Crossa Raynoud  |                 |                 | Damario<br>HF 1000 | Novoa              |                     |                 |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------------|-----------------|
|           | C1<br>Jun - ago | C2<br>May - ago | C3<br>May - ago |                    | Mayo<br>Septiembre | Junio<br>Septiembre | Junio<br>Agosto |
| 1960      | 381.96          | 572.94          | 190.98          | 712.03             | 610.20             | 530.30              | 494.95          |
| 1970      | 946.17          | 1 419.25        | 473.08          | 2 154.67           | 1 610.09           | 1 209.27            | 1 103.52        |
| 1980      | 869.08          | 1 303.62        | 434.54          | 2 279.43           | 1 570.32           | 1 171.13            | 1 063.87        |
| 1990      | 902.16          | 1 353.25        | 451.08          | 2 063.09           | 1 623.81           | 1 030.61            | 837.89          |
| 2000      | 896.63          | 1 344.94        | 448.31          | 1 826.66           | 1 738.59           | 1 342.38            | 1 212.38        |
| 2010-2019 | 890.50          | 1 310.94        | 420.72          | 1 860.60           | 1 750.38           | 1 300.59            | 1 222.50        |
| Promedio  | 900.91          | 1 346.40        | 445.55          | 2 036.89           | 1 658.64           | 1 210.80            | 1 088.03        |

La Tabla 3 es el resumen de los dos modelos matemáticos con resultados de horas-frio cercanos a los 450 HF, se puede asumir que la fórmula propuesta por Damota (junio- agosto) y la fórmula propuesta por Crossa Raynoud (mayo-agosto) modificada por un factor de corrección de 12. Son los modelos matemáticos, que más se adecuan para la cuantificación de horas-frio para la región de San Benito. A continuación, se detallas los modelos matemáticos seleccionados:

*Método Damota:* Cuantifica horas frío a través de la Ecuación 1.

$$HF = 485.1 - 28.52 x \quad (1)$$

Dónde:  $HF$  = horas-frío acumuladas en una región;  $x$  = temperaturas promedio de los meses de junio a agosto.

*Método Crossa-Raynoud modificado:* Cuantifica el frío por día utilizando la Ecuación 2, para el contexto de nuestro departamento.

$$HF = \left(7 - \frac{T_{min}}{T_{max} - T_{min}}\right) \cdot 2 \quad (2)$$

Dónde:  $T_{min}$  = temperatura mínima ( $^{\circ}\text{C}$ );  $T_{max}$  = temepratura máxima ( $^{\circ}\text{C}$ ).

### Comportamiento de horas-frío

El comportamiento de este factor climático a los largo de 58 años, los datos obtenidos por la metodología propuesta por Damota, por década muestra una clara disminución, siendo la más alta en la década de los 70 y llegando a disminuir paulatinamente en los años 80 a 437 HF y llegando a un valor promedio de 377.45 en la década del 2000 esto nos muestra que fenómenos como el de la Niña y Niño en la década de los 90 y 2000 han afectado casi en un 25% de disminución en la acumulación de horas-frío.

Si se asume que la Ecuación Crossa-Raynoud modificado es la adecuada para la cuantificación de HF en la región de San Benito se puede decir que su comportamiento al largo de estos 58 años ha sido afectado, teniendo un valor cercano a los 473 HF en la década de los 70, logrando disminuir la acumulación en la década de los 80 y los 90 con un promedio de 440 HF y manteniéndose esta última década con un valor promedio de 420 HF.

También es importante hacer notar que con este trabajo se ha logrado determinar mediante los modelos matemáticos que se aproximan a determinar la acumulación de horas-frío en las condiciones del valle alto de Cochabamba, una disminución de las horas-frío de la década de 1970 a 2010 una disminución de 25 horas-frío, esto da a entender que el cambio climático que ocurre en la región también está afectando en la disminución paulatina de horas-frío.

Tabla 3. Resumen de dos modelos matemáticos seleccionados para la cuantificación de horas-frío de la región de San Benito y su comportamiento en cinco décadas.

| Decada    | Crossa-Raynoud      |                 | Damota |
|-----------|---------------------|-----------------|--------|
|           | C3<br>Mayo - agosto | Junio<br>Agosto |        |
| 1960      | 190.98              | 378.84          |        |
| 1970      | 473.08              | 503.30          |        |
| 1980      | 434.54              | 437.61          |        |
| 1990      | 451.08              | 434.60          |        |
| 2000      | 448.31              | 377.45          |        |
| 2010-2019 | 420.72              | 380.58          |        |
| Promedio  | 445.55              | 426.71          |        |

### Cuantificación de las horas-grado en el valle alto de Cochabamba

Con respecto al análisis de días grado o la acumulación de temperaturas superiores al  $10^{\circ}\text{C}$  desde el inicio de floración hasta el mes de abril, se determinó la cantidad de días-grado que acumula la región de San Benito. Según los resultados obtenidos en la Tabla 4. El

método residual y el de Monteith tienen resultados similares, con un valor entre 1391 y 1432 respectivamente. Esta característica climática permitirá que variedades tempraneras, mediana estación y tardías, podrán satisfacer sus requerimientos en estos parámetros hasta completar la madurez del fruto. Por lo tanto, este dato también es importante cuando se quiera introducir nuevas variedades y especies. Los modelos matemáticos del Método residual y el de Monteith se adecuan a la región para el cálculo de esta variable climática importante para el desarrollo del cultivo de frutales.

Tabla 4. Resumen de tres modelos matemáticos seleccionados para la cuantificación de días-grado de la región de San Benito y su comportamiento en cinco décadas.

| Década   | Días-grado desde septiembre - abril |                 |          |
|----------|-------------------------------------|-----------------|----------|
|          | Metodo directo                      | Metodo residual | Monteith |
| 1960     | 3 809.68                            | 1 369.68        | 1 379.68 |
| 1970     | 3 380.19                            | 1 231.30        | 1 226.58 |
| 1980     | 3 655.55                            | 1 203.55        | 1 355.01 |
| 1990     | -                                   | 1 450.00        | 1 494.80 |
| 2000     | -                                   | 1 705.00        | 1 708.62 |
| Promedio | 3 615.14                            | 1 391.91        | 1 432.94 |

En cuanto a su comportamiento a los largo de cinco décadas se observa que en las últimas dos décadas, hubo un incremento de la acumulación de días-grado en la región de San Benito hasta un valor de 1 700, que posiblemente ha sido el resultado del efecto climático denominado la Niña y el Niño y el efecto invernadero han provocado que la temperatura promedio haya subido en 1 o 2 °C en promedio, que favorece a la acumulación de días-grado, pero también desfavorece a la acumulación de horas-frío quien se reduce paulatinamente en los últimos años, esto nos indica que para introducir variedades y especies frutales de hoja caduca en esta zona deben ser de requerimientos más bajos, ya que esto permita romper la dormancia de la yema y que la planta pueda satisfacer sus necesidades en horas-frío para una abundante floración. A la fecha sería el primer documento técnico que se ha desarrollado para establecer modelos matemáticos que puedan cuantificar horas-frío y días-grado para la región en estudio.

## CONCLUSIONES

Los modelos matemáticos que más se adecuan a las condiciones climáticas de la zona de San Benito en el valle alto de Cochabamba para la cuantificación de horas-frío, son los propuestos por Damota y Crossa Raynoud C3 con el factor de corrección de 12. En base

a estos modelos matemáticos se ha determinado que la cantidad de horas-frío acumulables en San Benito están alrededor de los 350 a 445 horas-frío.

En relación al factor climático días-grado, según las metodologías descritas por el Método Residual y Monteith se acumulan 1 200 a 1 400 DG, estos valores permiten un buen desarrollo y adaptación de variedades tempraneras, de mediana estación y tardías, datos que permita satisfacer sus necesidades para completar la madurez del fruto.

Los resultados fueron comparados con otros trabajos de fenología y tratamientos de horas-frío, en estacas de variedades conocidas en durazneros, manzanos y ciruelos, los que determinan que la cantidad de horas-frío acumuladas hasta el inicio de floración está por encima de 350 HF en las variedades Princesa en manzano y Gumucio Reyes en duraznero. Utilizando estos mismos modelos el SENAMHI puede proporcionar año tras año la cantidad de acumulación de horas-frío en cada región productiva como dato climático importante en la actividad frutícola.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agusti, M. 2010. Fruticultura. 2 ed. Madrid, España. Editorial Mundi-Prensa. 507 p.
- Calderón, E 1987. Manual del Fruticoltor Moderno. México D.F. Editorial. Limusa S.A. Ciencia y Técnica. S.A. v IV.
- Calderón, E. 1992. Manual del Fruticoltor Moderno. México, DF. Ciencia y técnica. Editorial Limusa.
- Damario, EA; Pascale, AJ; Bustos, C. 1998. Método simplificado para la estimación agro climática de "horas-frio" Anuales. Rev. Fac. Agronomía 18(1-2): 93-97.
- Damario, EA; Páscale, AJ. 1998. Cartas agro climáticas de "horas de frío" de la región serrana de la provincia de Córdoba (Argentina). AGRISCIENTIA, 1999, VOL. XVI: 17-28
- Faust, M; Erez, A; Rowland, LJ; Wang, SY; Norman, HA. 1997. Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance, and release. HortScience 32(4): 623-629.
- Gil-Albert, F. 1992. Tratado de Arboricultura frutal. Madrid, España. Editorial Mundi-Prensa. v II. 233p.
- Gilmore, E.; Rogers, J. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. Agronomy Journal, Madison, 50(5): 611-615.

- Lang G.A., J.D. Early, G. C. Martin y R.L. Darnell. 1987. Endo-, Para, and ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research. HortScience 22(3): 371-377.
- Lavín, A; Silva G. 2001. Frutales para el Secano Interior. Comportamiento de Carozos y Pomáceas. Cauquenes, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA No 30 278 p.
- Monteith, J. 1984 Consistency and convenience in the choice of units for agricultural Science. Experimental Agriculture 2: 117.125.
- Novoa, R; Villaseca, C. 1989. Mapa agroclimático de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, Ministerio de Agricultura.
- Razeto, BM. 2006. Para entender la Fruticultura. 4 ed. Santiago, Chile. Impreso por Salesianos S.A.

Artículo recibido en: 23 de agosto 2020

Aceptado en: 18 de noviembre 2020